

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-142108

(43) 公開日 平成11年(1999) 5月28日

(51) Int.Cl.⁸
G 0 1 B 11/00
G 0 3 F 7/26
H 0 1 L 21/027

識別記号

5 0 1

F I

G 0 1 B 11/00

G 0 3 F 7/26

H 0 1 L 21/30

A

5 0 1

5 0 2 V

5 1 6 A

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平9-305917

(22) 出願日 平成9年(1997)11月7日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 野村 博

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株

式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 佐藤 隆

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株

式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 河野 拓也

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株

式会社東芝横浜事業所内

(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

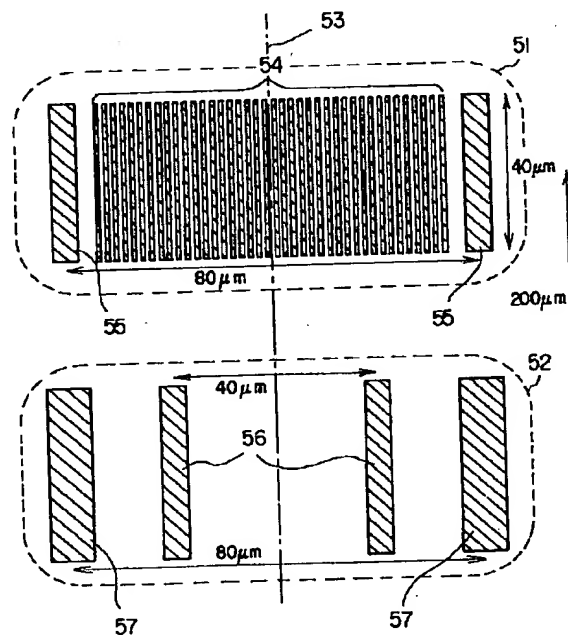
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パターン測定方法

(57) 【要約】

【課題】 測定試料の作成にさほどの時間を要することなく、レンズ収差や非対称照明を調べるためのパターン測定を短時間で正確に行う。

【解決手段】 レンズ収差や非対称照明を調べるためのパターン測定方法において、ライン&スペースパターンを線対称に配置した第1のパターン54とその外側に線幅の太いラインパターンを線対称に配置した第2のパターン55を有するマスクパターンを基板上に転写する第1の工程と、第1のパターン54の一部を抽出するためのパターン56と第2のパターン55の全体を抽出するためのパターン57が線対称に配置されたマスクパターンを同じ基板上に重ねて転写する第2の工程と、第1の工程で形成された第2のパターン55の転写パターンの位置と、第1の工程で形成された第1のパターン54の転写パターンのうち第2の工程で抽出されたパターンの位置とをそれぞれを検出する第3の工程を有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の単位パターンが第1の直線の直交方向に等間隔に並び、且つこの第1の直線に対して実質的に線対称に配置された周期パターンからなるマスクパターンを基板上に転写する第1の工程と、

第1の工程の前又は後に、前記周期パターンの中央部の所定数の単位パターンの少なくとも一部を取り除くための抜きパターンが前記基板上で第1の直線に対応する第2の直線に対して実質的に線対称に配置されたマスクパターンを前記基板上に転写する第2の工程と、

第1の工程により形成された転写パターンの最外側の単位パターンの位置と、第1の工程により形成された転写パターンのうち第2の工程により取り除かれたパターンに隣接する最内側の単位パターンの位置とをそれぞれ検出する第3の工程とを含むことを特徴とするパターン測定方法。

【請求項2】複数の単位パターンが第1の直線の直交方向に等間隔に並び、且つこの第1の直線に対して実質的に線対称である周期パターンからなる第1のパターンと、第1の直線に対して実質的に線対称で前記単位パターンよりも線幅の太い第2のパターンとを有するマスクパターンを基板上に転写する第1の工程と、

第1の工程の前又は後に、第1のパターンの所定数の少なくとも一部を取り除くための抜きパターンが前記基板上で第1の直線に対応する第2の直線に対して実質的に線対称に配置されたマスクパターンを前記基板上に転写する第2の工程と、

第1の工程により形成された第2のパターンの転写パターンの位置と、第1の工程により形成された第1のパターンの転写パターンのうち第2の工程により取り除かれたパターンに隣接する単位パターンの位置とをそれぞれを検出する第3の工程を有することを特徴とするパターン測定方法。

【請求項3】複数の単位パターンが第1の直線の直交方向に等間隔に並び、この第1の直線に対して実質的に線対称に配置された周期パターンからなるマスクパターンを基板上に転写する第1の工程と、

第1の工程の前又は後に、前記周期パターンの所定数の少なくとも一部を取り除き、且つ該周期パターンとは独立に開口エッジを形成するための抜きパターンが前記基板上で第1の直線に対応する第2の直線に対して実質的に線対称に配置されたマスクパターンを前記基板上に転写する第2の工程と、

第2の工程により形成された転写パターンの開口エッジ位置と、第1の工程により形成された転写パターンの中で、第2の工程により取り除かれたパターンに隣接する単位パターンの位置とをそれぞれ検出する第3の工程を含むことを特徴とするパターン測定方法。

【請求項4】前記単位パターンとして、線状パターン又はホールパターンを用いたことを特徴とする請求項1～

3のいずれかに記載のパターン測定方法。

【請求項5】第1の直線が直交する2つの直線で構成され、第1の工程で用いるマスクパターンは、これらの直交する2つの直線の直交方向に等間隔に並び、且つこの2つの直線に対してそれぞれに線対称なパターンを有することを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載のパターン測定方法。

【請求項6】X軸方向と直交するY軸方向に複数本の線状パターンが等間隔に且つX軸に対して線対称に配置されたY方向ラインアンドスペース、及びX軸方向に複数本の線状パターンが等間隔に且つY軸に対して線対称に配置されたX方向ラインアンドスペースからなる第1のパターンと、前記線状パターンよりも太い線幅を有しX軸に対して線対称に配置されたY方向ライン、及び前記線状パターンよりも太い線幅を有しY軸に対して線対称に配置されたX方向ラインからなる第2のパターンと、を有するマスクパターンを基板上に転写する第1の工程と、

第1の工程の前又は後に、第1のパターンの中央部と周辺部の線状パターンを前記X軸及びY軸に対して線対称にそれぞれ所定本数だけ取り除くための抜きパターンが配置されたマスクパターンを前記基板上に転写する第2の工程と、

第1の工程により形成された第2のパターンの転写パターンのX軸方向及びY軸方向の位置と、第1の工程により形成された第1のパターンの転写パターンの中で、第2の工程で取り除かれずに残った線状パターンのX軸方向及びY軸方向の位置を検出する第3の工程を有することを特徴とするパターン測定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、リソグラフィ工程における転写パターンの測定方法に係わり、特にレンズ収差や非対称照明を調べるためのパターン測定方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、VLSIの開発速度は益々加速する傾向にあり、デザインルール1/4 μ m以下のデバイス開発が進められている。このような超微細デバイスでは、特にリソグラフィ技術の進歩が強く要求され、ArFエキシマレーザーリソグラフィ、電子ビームリソグラフィ、X線リソグラフィ等の次世代リソグラフィの技術開発が積極的に進められている。一方、アテニュエイトッドマスクやレベンソンマスク等の位相コントロールマスク技術や、輪帯や4つ目等の変形照明技術も、リソグラフィ能力を高める上で重要な技術である。

【0003】デバイスパターンが微細化するにつれて、特定のパターン例えばツインホールパターン等で非対称に転写される問題が目立ち始めてきている。この現象は、主にプロジェクションレンズの収差に原因があると

考えられ、更に輪帯照明技術を用いると、この非対称が強調される傾向にあることが判ってきている。

【0004】文献1『Proc.of SPIE, Vol.2725(1996), p.414-423』や文献2『Proc.of SPIE, Micro-lithography 97(1997), 3051-24』においては、「非対称に露光される原因は“中心ずれ”コマ収差である。」との報告がなされている。従来より、露光装置の評価項目に挙げられているコマ収差の評価方法として、マスク上で全て同じ線幅で形成された5本ラインパターンをウェハ上に転写し、その両端のライン幅の差を測長タイプの走査電子顕微鏡(SEM)によって測定する線幅異常値測定が用いられている。また、実際のデバイスパターンを用いた評価として、直接ツインホールパターンのホールサイズ差を測長タイプのSEMで測定することも行われてきた。

【0005】しかし、これらの評価方法では、評価用マスクに極めて厳しい寸法精度が要求される。例えば、前者の5本ラインパターンによる評価方法に用いるマスクパターンを作成するためには、周期パターンの末端パターンでの複雑な近接効果を精度良く補正し、末端パターンのライン幅をその他のライン幅と全く同寸法に上げること重要である。このため、評価パターンが微細になるほど評価用マスクの供給が困難である。従って、従来の評価方法で可能な限界ターゲット寸法は精々0.25 μm レベルまでであり、将来に渡って有効なコマ収差評価方法であるとは言い難い。

【0006】一方、コマ収差はパターンの非対称だけでなく、パターンの粗密によって転写位置をずらすことが一般的に知られている。この現象を利用したコマ収差の評価方法として、前述の文献の中で、次に示すような方法を採用している。

【0007】まず、0.6 μm ライン&スペースパターン或いは0.8 μm ライン&スペースパターンをシリコンウェハ上に露光し、シリコンウェハを深さ100nm程度エッチングする。このようにして作成した下地基板に、0.3 μm ライン&スペースパターン或いは0.4 μm ライン&スペースパターン、又は0.3 μm ホールパターン或いは0.4 μm ホールパターンを重ね合わせて露光し、下地のパターンとの重なり具合を測長タイプのSEMで測定する。そして、露光領域全体における0.6 μm パターンに対する0.3 μm パターンの位置ずれ、或いは0.8 μm パターンに対する0.4 μm パターンの位置ずれを観察する。

【0008】このような従来の測定方法では、測定試料の作成に時間がかかるだけでなく、測定にも時間がかかり、結果を出すのに数日も待たなければならないという欠点がある。また、測定結果自体にも重ね合せ露光の際のアライメント誤差が上乘せされているため、真の値を直接得ることはできない。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】このように従来、レンズ収差や非対称照明の評価に、SEMによる5本ラインパターンの線幅異常値測定等や、ピッチの異なる2種類のパターンを重ねて形成し、その重なり具合をSEMで測定する等の方法が用いられているが、これらの評価方法は、測定時間が掛かる上に、マスクの寸法精度等により誤差が大きい。また、ターゲット寸法が小さくなるに従って、相対的な測定誤差が益々大きくなる問題があった。

【0010】本発明は、上記の事情を考慮してなされたもので、その目的とするところは、測定試料の作成にさほどの時間を要することなく、レンズ収差や非対称照明を調べるためのパターン測定を短時間で正確に行い得るパターン測定方法を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】(構成)上記課題を解決するために本発明は、次のような構成を採用している。

(1)レンズ収差や非対称照明を調べるためのパターン測定方法において、複数の単位パターンが第1の直線の直交方向に等間隔に並び、且つこの第1の直線に対して実質的に線対称に配置された周期パターンからなるマスクパターンを基板上に転写する第1の工程と、第1の工程の前又は後に、前記周期パターンの中央部の所定数の単位パターンの少なくとも一部を取り除くための抜きパターンが前記基板上で第1の直線に対応する第2の直線に対して実質的に線対称に配置されたマスクパターンを前記基板上に転写する第2の工程と、第1の工程により形成された転写パターンの最外側の単位パターンの位置と、第1の工程により形成された転写パターンのうち第2の工程により取り除かれたパターンに隣接する最内側の単位パターンの位置とをそれぞれ検出する第3の工程とを含むことを特徴とする。

【0012】(2)レンズ収差や非対称照明を調べるためのパターン測定方法において、複数の単位パターンが第1の直線の直交方向に等間隔に並び、且つこの第1の直線に対して実質的に線対称である周期パターンからなる第1のパターンと、第1の直線に対して実質的に線対称で前記単位パターンよりも線幅の太い第2のパターンとを有するマスクパターンを基板上に転写する第1の工程と、第1の工程の前又は後に、第1のパターンの所定数の少なくとも一部を取り除くための抜きパターンが前記基板上で第1の直線に対応する第2の直線に対して実質的に線対称に配置されたマスクパターンを前記基板上に転写する第2の工程と、第1の工程により形成された第2のパターンの転写パターンの位置と、第1の工程により形成された第1のパターンの転写パターンのうち第2の工程により取り除かれたパターンに隣接する単位パターンの位置とをそれぞれを検出する第3の工程を有することを特徴とする。

【0013】(3)レンズ収差や非対称照明を調べるた

めのパターン測定方法において、複数の単位パターンが第1の直線の直交方向に等間隔に並び、この第1の直線に対して実質的に線対称に配置された周期パターンからなるマスクパターンを基板上に転写する第1の工程と、第1の工程の前又は後に、前記周期パターンの所定数の少なくとも一部を取り除き、且つ該周期パターンとは独立に開口エッジを形成するための抜きパターンが前記基板上で第1の直線に対応する第2の直線に対して実質的に線対称に配置されたマスクパターンを前記基板上に転写する第2の工程と、第2の工程により形成された転写パターンの開口エッジ位置と、第1の工程により形成された転写パターンの中で、第2の工程により取り除かれたパターンに隣接する単位パターンの位置とをそれぞれ検出する第3の工程を含むことを特徴とする。

【0014】(4)上記の(1)～(3)において、線状パターン又はホールパターンを用いたことを特徴とする。(5)上記の(1)～(3)において、第1の直線が直交する2つの直線で構成され、第1の工程で用いるマスクパターンは、これらの直交する2つの直線の直交方向に等間隔に並び、且つこの2つの直線に対してそれぞれに線対称なパターンを有することを特徴とする。

【0015】(5)レンズ収差や非対称照明を調べるためのパターン測定方法において、X軸方向と直交するY軸方向に複数本の線状パターンが等間隔に且つX軸に対して線対称に配置されたY方向ラインアンドスペース、及びX軸方向に複数本の線状パターンが等間隔に且つY軸に対して線対称に配置されたX方向ラインアンドスペースからなる第1のパターンと、前記線状パターンよりも太い線幅を有しX軸に対して線対称に配置されたY方向ライン、及び前記線状パターンよりも太い線幅を有しY軸に対して線対称に配置されたX方向ラインからなる第2のパターンと、を有するマスクパターンを基板上に転写する第1の工程と、第1の工程の前又は後に、第1のパターンの中央部と周辺部の線状パターンを前記X軸及びY軸に対して線対称にそれぞれ所定本数だけ取り除くための抜きパターンが配置されたマスクパターンを前記基板上に転写する第2の工程と、第1の工程により形成された第2のパターンの転写パターンのX軸方向及びY軸方向の位置と、第1の工程により形成された第1のパターンの転写パターンの中で、第2の工程で取り除かれずに残った線状パターンのX軸方向及びY軸方向の位置を検出する第3の工程を有することを特徴とする。

【0016】(作用)実際のデバイスに用いられるような周期パターンは、周期の末端部分と周期の内部とで、プロジェクションレンズの収差の影響が異なるために、異なる位置ずれが発生することが予想される。しかし、重要となる周期内部のパターンの位置ずれは直接に測定することが難しい。例えば、光学式位置測定装置を用いた測定を試みても、パターンサイズが小さいために周期パターンの内部の特定のパターンを抽出することは不可

能である。一方、SEMによる測定を試みても、視野の範囲内のパターンは全て同じように移動しているために基準となる位置が決められない。

【0017】本発明ではこの問題を解決するために、測定試料を2つの露光工程に分けて作成することに特徴がある。具体的には、第1の露光工程において周期パターン(ライン&スペースパターン)を転写し、第2の露光工程において第1の露光工程で転写した周期パターンの一部を取り除く。これによって、最終的に残った周期パターンの末端の位置は、光学的位置測定装置で簡単に認識することが可能になる。

【0018】また、周期パターンとは別に比較的大きなパターン(ライン&スペースの周期パターン全体を一つの大きなパターンと見なすこともできる)を測定試料上に対称に形成しておけば、このパターンと周期パターンとの位置ずれから評価を容易に行うことが可能となる。このようにして本発明によれば、測定試料の作成にさほどの時間を要することなく、レンズ収差や非対称照明を調べるためのパターン測定を短時間で正確に行うことが可能となり、その有用性は大である。

【0019】

【発明の実施の形態】まず、パターン転写の基本構成と、パターンサイズやピッチの違いにより結像位置がずれる様子を説明する。図1は、ホトマスク上のパターンを基板上に転写する様子を示す模式図である。ホトマスク2上のパターン3は照明光学系1により照明され、投影光学系4を介して基板5上に結像される。このとき、コヒーレンスファクター σ は投影光学系4の開口数 NA_4 と照明光学系1の開口数 NA_1 の比で表わされる。

【0020】ホトマスク2上のパターン3によって回折した光波は、パターン3のサイズやピッチに反比例した回折角をもって回折するため、サイズやピッチが小さい場合は二点鎖線に示す光行路7を通り、サイズやピッチが大きい場合は一点鎖線に示す光行路8を通る。投影光学系4の収差関数6が、レンズの動径方向に対して図1のように3次関数或いは5次関数的な曲線で表わされると、光行路7は収差関数6の傾きが大きいところを通るため、基板5上の点9で結像する。一方、光行路8は収差関数6の傾きが小さいところを通るため、基板5上の点10で結像する。従って、パターンサイズやピッチの違いによる結像位置9、10に差が生じる。

【0021】このようなパターンサイズやピッチの違いによる転写位置ずれは、例えば図2のように、5本ラインパターンの両末端パターンのサイズの非対称を引き起こすことが判っている。ホトマスク上のパターン21は転写されてレジストパターン22を形成する。このホトマスク上のパターン21は、周期パターン24とパターン全体を囲む窓パターン23の論理積で表わされるパターンである。

【0022】従って、転写後のレジストパターン22も

転写後の窓パターン23'と転写後の周期パターン24'の積で表わされるが、周期パターン24は窓パターン23に比べてサイズやピッチが小さいため、転写後の両パターン23'、24'は転写位置がずれてしまう。これによって、レジストパターン22の両末端パターンのサイズ L_1 と L_5 に差が生じる。

【0023】従来技術では、このパターンサイズの差をSEMを用いて測長し、投影光学系の収差評価に用いている。しかしこの方法では、先にも説明したように、厳しいマスク寸法精度が要求され、評価パターンが微細になると評価マスクの供給が困難である。

【0024】以下、上記の問題を解決した本発明の詳細を、図示の実施形態によって説明する。

(第1の実施形態)図3は、本発明の第1の実施形態に使用したホトマスク上のパターンを示す図である。ホトマスク上には、線状パターンを直線32の直交方向に等間隔に配置し、且つ直線32に対して線対称に配置してなる $0.8\mu\text{m}$ ライン&スペースパターン31と、同じく直線32に対して線対称な $39.2\mu\text{m} \times 20\mu\text{m}$ 穴パターン33とが、直線32の方向に $200\mu\text{m}$ 離れて形成されている。

【0025】このホトマスク上のパターン31を、縮小率 $1/4$ のクリプトンフロライドエキシマレーザー(波長 248nm)露光装置を用いて、反射防止膜(Brewer Science 製DUV18)を 55nm 厚で塗布し、更にポジ型ホトレジスト(JSR製S210J)を $0.6\mu\text{m}$ 厚で塗布したシリコンウェハ基板上に、露光量 $18\text{mJ}/\text{cm}^2$ で露光した(第1の工程)。

【0026】次いで、ホトマスクを直線32の方向に $200\mu\text{m}$ 、又はシリコンウェハ基板を直線32に相当する方向に $50\mu\text{m}$ 移動させ、既に転写されているパターン31の転写パターンにパターン33の転写パターンが重なるように、露光量 $17\text{mJ}/\text{cm}^2$ で露光した(第2の工程)。第1及び第2の工程による露光後、基板上のレジストを 0.21 規定のTMAH現像液を用いて現像した。

【0027】パターン33を転写する目的は、パターン31の転写パターンの一部分を取り除くことにあるが、その際、転写パターンのスペース部分にパターン33のエッジが入ることが重要である。このため本実施形態では、デザイン上ではパターン33のエッジは、スペース部分の丁度中心よりも 50nm 程小さめに設計し、2回目の露光の時の露光量をややオーバー気味にコントロールしている。また、マスクと基板の移動に関しては、露光装置のステージ精度に頼ったが、このような基板上で $50\mu\text{m}$ 程度の移動では、 10nm 程度の精度で移動できることを確認しており、ステージ精度は全く支障がない。

【0028】現像後のレジストパターンを図4(a)に示す。最初の露光で形成した $0.20\mu\text{m}$ ライン&ス

ペースパターン41の中心部分を2回目に露光した穴パターン42で取り除いた形状をした評価パターンが形成された。この評価パターンの直線A-A'での断面は、図4(b)に示すように、最初の露光で形成した $0.2\mu\text{m}$ ライン&スペースパターン44の中で、点線で示されるライン&スペースパターン43が取り除かれものとなる。

【0029】この最終的に形成されたパターンを光学式合せずれ測長機等で測定する際に得られる反射強度波形49は、ライン&スペースパターンが残っている部分45と46で回折の影響により反射強度を下げ、ライン&スペースパターン44の外側と取り除かれた部分43に対して凹状の波形を示す。また、波形の立ち下がり47と47'は、前記図2に示すように全ライン&スペースパターンを含む窓パターンのエッジを反映し、波形の立ち上がり48と48'は最初に露光したライン&スペースパターンの内部のパターンにおける転写位置を示している。

【0030】従って、光学式合せずれ測長機等で、エッジ信号47と47'の中心と、エッジ信号48と48'の中心の差を測定すれば、 $0.20\mu\text{m}$ ライン&スペースパターンに対する投影レンズ収差の影響を測定することができる。

【0031】本実施形態では、光学式合せずれ測長機を用いたが、光学式だけに限定されるものではなく、電子ビーム測長機やイオンビーム測長機においても同様の測定が可能である。また、ライン&スペースパターンを露光するための第1の工程と、抜きパターンを形成するための第2の工程とはその順序を逆にしてもよい。

【0032】また、本実施形態では、1回目の露光→同一ホトマスクによるシフト2重露光→現像の順で測定試料を作成したが、このような同一ホトマスクによるシフト2重露光に限定されるものではなく、1回目の露光→現像→エッチングの後、異なるホトマスクによるアライメント露光→現像の順で測定試料を作成するような別ホトマスクによるアライメント露光でも可能である。但し、1回目の露光に用いるマスクパターンの対称軸(第1の直線)と、2回目の露光に用いるマスクパターンの対称軸(第2の直線)を基板上で一致させる必要がある。

【0033】このように本実施形態によれば、ライン&スペースパターンの露光とライン&スペースパターンの一部を除去するための露光の2回の露光を行うのみで、周期的に並んだパターンの転写ずれに対して検出し易いマークを実現し、これにより測定試料の作成にさほどの時間を要することなく、レンズ収差や非対称照明を調べるためのパターン測定を短時間で正確に行うことができる。

【0034】また、本実施形態では、周期パターンのサイズが測定装置の分解能よりも小さい場合であっても、

周期内部のパターンの位置を検出することができる利点がある。例えば、 $0.2\mu\text{m}$ ライン&スペースパターンの転写位置ずれを光学式測定装置を用いて測定する場合、このパターンは通常の光学系の分解能以下のサイズであり、周期内部の特定のパターンの位置ずれを測定することは不可能であるが、本実施形態における測定マークを用いれば十分に測定可能である。

【0035】(第2の実施形態)図5は、本発明の第2の実施形態に使用したホトマスク上のパターンを示す図である。ホトマスク上のパターンは、1回目の露光用のパターン51と2回目の露光用のパターン52に分けられ、その両方とも直線53に対して線対称な図形をしている。パターン51は、 $0.8\mu\text{m}$ ライン&スペースパターン(第1のパターン)54と、そのライン&スペースパターン54の外側に、 $80\mu\text{m}$ 離れて配置した2つの $8\mu\text{m}$ ラインパターン(第2のパターン)55で構成されている。一方、パターン52は、 $40\mu\text{m}$ 離れて配置した2つの $8\mu\text{m}$ ラインパターン56と、 $80\mu\text{m}$ 離れて配置した2つの $12\mu\text{m}$ ラインパターン57で構成されている。

【0036】ここで、2回目の露光用パターン52におけるラインパターン56は転写基板上でライン&スペースパターン54の一部をカバーするように形成され、ラインパターン57はラインパターン55の全てをカバーするように形成されている。即ち、パターン52は、ライン&スペースパターン54の中央部と周辺部を除去するため抜きパターンで形成されている。

【0037】ホトマスク上のパターンを、第1の実施形態の場合と同様に、縮小率 $1/4$ のクリプトンフロライドエキシマレーザー露光装置を用いて、反射防止膜DUV18を 55nm 厚で塗布し、更にポジ型ホトレジストS210Jを $0.6\mu\text{m}$ 厚で塗布したシリコンウェハ基板上に、露光量 $18\text{mJ}/\text{cm}^2$ で露光した(第1の工程)。更に、ホトマスクを直線53の方向に $200\mu\text{m}$ 、又はシリコンウェハ基板を直線53に相当する方向に $50\mu\text{m}$ 移動させ、既に転写されているパターン51の転写パターンに、パターン52の転写パターンが重なるように、露光量 $17\text{mJ}/\text{cm}^2$ で露光した(第2の工程)。第1及び第2の工程による露光後、基板上的レジストを 0.21 規定のTMAH現像液を用いて現像した。

【0038】現像後のレジストパターンを図6(a)に示す。2つの $2\mu\text{m}$ ラインパターン62、62'と、2組の $0.2\mu\text{m}$ ライン&スペースパターン61、61'が形成され、1回目の露光で転写されたライン&スペースパターンのうち、63に示す部分は2回目の露光で取り除かれている。

【0039】従って、図6(b)に示すように、評価パターンを光学式合せずれ測長機等で測定する際に得られる反射強度波形66から、 $2\mu\text{m}$ ラインパターン62、

62'からのエッジ信号64、64'と、 $0.20\mu\text{m}$ ライン&スペースパターン61、61'からのエッジ信号65、65'が得られ、信号64と64'の中心と、信号65と65'の中心の差を計測することができる。これにより、第1の実施形態と同様に、 $0.20\mu\text{m}$ ライン&スペースパターンに対する投影レンズ収差の影響を測定することができる。

【0040】このように本実施形態によれば、第1の実施形態と同様に、レンズ収差や非対称照明を調べるためのパターン測定を短時間で正確に行うことができる。また、本実施形態に示されるような測定マークから得られる信号プロファイルは、第1の実施形態で用いた測定マークから得られる信号プロファイルに比べ、左右1対毎の波形の対称性が高く、左右の信号波形のカーブフィッティングによって、高精度な測定ができる利点がある。

【0041】(第3の実施形態)図7は、本発明の第3の実施形態に使用したホトマスク上のパターンを示す図である。ホトマスク上のパターンは、1回目の露光用の $0.8\mu\text{m}$ ライン&スペースパターン71と2回目の露光用の $5\mu\text{m}$ ラインパターン73に分けられ、その両方とも直線72に対して線対称な図形をしている。ここで、ライン&スペースパターン71は第1及び第2の実施形態と同様であるが、その周辺部は非抜きパターンとなっている。つまり、この場合のライン&スペースパターン71は抜きパターンである。また、パターン73はライン&スペースパターン71の周辺部を取り除くための抜きパターンとなっている。

【0042】このホトマスクを用いて、第1の実施形態の場合と同様に、縮小率 $1/4$ のクリプトンフロライドエキシマレーザー露光装置を用いて、反射防止膜DUV18を 55nm で塗布し、更にポジ型ホトレジストS210Jを $0.6\mu\text{m}$ 厚で塗布したシリコンウェハ基板上に、露光量 $18\text{mJ}/\text{cm}^2$ で露光した(第1の工程)。更に、ホトマスクを直線72の方向に $200\mu\text{m}$ 、又はシリコンウェハ基板を直線72に相当する方向に $50\mu\text{m}$ 移動させ、既に転写されているパターン71の転写パターンに、パターン73の転写パターンが重なるように、露光量 $17\text{mJ}/\text{cm}^2$ で露光した(第2の工程)。第1及び第2の工程による露光後、基板上的レジストを 0.21 規定のTMAH現像液を用いて現像した。

【0043】現像後のレジストパターンを図8(a)に示す。2つの抜きパターン82、82'と1組の $0.2\mu\text{m}$ ライン&スペースパターン81が形成され、1回目の露光で転写されたライン&スペースパターンのうち、83に示す部分は2回目の露光で取り除かれている。

【0044】従って、図8(b)に示すように、評価パターンを光学式合せずれ測長機等で測定する際に得られる反射強度波形86から、 $1.25\mu\text{m}$ 抜きパターン82からのエッジ信号84、84'と、 $0.2\mu\text{m}$ ライン

&スペースパターン81からのエッジ信号85、85'が得られ、信号84、84'の中心と、信号85、85'の中心の差を計測することができる。これにより、第1の実施形態と同様に、0.2 μ mライン&スペースパターンに対する投影レンズ収差の影響を測定することができる。但し、この場合は、1回目の露光と2回目の露光の間の合わせずれが測定結果に含まれてしまうため、他の合わせずれ測定マークを測定して、予めその合わせずれを評価しておく必要がある。

【0045】このように本実施形態によっても、第1の実施形態と同様に、レンズ収差や非対称照明を調べるためのパターン測定を短時間で正確に行うことができる効果が得られる。

【0046】(第4の実施形態)図9は、本発明の第4の実施形態に使用したホトマスク上のパターンを示す図である。

【0047】本実施形態は、第1の実施形態を2次元に拡張したもので、2方向(例えばX、Y方向)について同時に測定することを可能にしている。即ち、図9に示すように、ホトマスク上には、直線(X軸)93に対して線対称なライン&スペースパターンと、直線93と直交する直線(Y軸)94に対して線対称なライン&スペースパターンとが合成された、矩形環状のパターン91が形成されている。さらに、直線93の方向に200 μ m離れた位置に直線93に対して線対称な矩形の穴パターン92が形成されている。

【0048】このホトマスクを用いて、第1の実施形態と同様に2回の露光を行った後に形成された評価パターンを図10に示す。パターン91の転写パターンの一部を除去したパターン101とパターン92の転写パターンである抜きパターン102が形成されている。第1の実施形態と同様の原理で、直線93に対応する方向及び直線94に対応する方向の各々で投影レンズ収差の影響を測定することができる。

【0049】(第5の実施形態)図11は、本発明の第5の実施形態に使用したホトマスク上のパターンを示す図である。

【0050】本実施形態は、第2の実施形態を2次元に拡張したもので、2方向について同時に測定することを可能にしている。即ち、図11に示すように、ホトマスク上のパターンは、1回目の露光用のパターン111と2回目の露光用のパターン112に分けられ、その両方とも直線113に対して線対称な図形をしている。パターン111は、直線113に直交する方向に配置された0.8 μ mライン&スペースパターンと直線113の方向に配置された0.8 μ mライン&スペースパターンとを組み合わせた矩形環状パターン(第1のパターン)114と、その外側に配置された1辺の長さが80 μ mで幅8 μ mの矩形環状パターン(第2のパターン)115で構成されている。

【0051】一方、パターン112は、1辺の長さが40 μ mで幅8 μ mの矩形環状のパターン116と、その外側に配置された1辺の長さが80 μ mで幅12 μ mの矩形環状のパターン117で構成されている。

【0052】このホトマスクを用いて2回の露光を行った後に形成された評価パターンを図12に示す。パターン114の転写パターンの一部を除去したパターン121とパターン115の転写パターン122が形成されている。この評価パターンを用いることによって、第2の実施形態と同様の原理で、直線113に対応する方向(X軸方向)及びそれに直交する方向(Y軸方向)の各々で投影レンズ収差の影響を測定することができる。

【0053】本実施形態を用いて、スキュンタイプのクリプトンフロライドエキシマレーザー露光装置における、0.30 μ mライン&スペースパターンの転写位置ずれを測定した結果を、図21に示す。ショットサイズは25mm \times 33mmで、スリット状の露光領域をY方向にスキュンしてショット内を露光している。露光条件は開口数NA=0.6、コヒーレンスファクター σ =0.75である。X方向に拡大した傾向を示し、拡大の中心はショットの中心よりも右側にずれていることが判る。

【0054】図11ではパターン111、112共に矩形パターンとしたが、図13に示すパターン131、132のように、測定に必要な部分のみを形成してもよい。この場合、図14に示すような転写パターン141、142が得られる。また、図15に示すパターン151、152のように、中心部に線幅の太いパターン155を形成し、周辺部に線幅の狭いライン&スペース154を形成してもよい。この場合、図16に示すような転写パターン161、162が得られる。図14、図16のいずれにおいても、第2の実施形態と同様に位置測定を行うことができる。

【0055】(第6の実施形態)図17は、本発明の第6の実施形態に使用したホトマスク上のパターンを示す図である。

【0056】本実施形態は、第3の実施形態を2次元に拡張したもので、2方向について同時に測定することを可能にしている。即ち、図17に示すように、ホトマスク上には、直線172に対して線対称なライン&スペースパターンと、直線172と直交する直線に対して線対称なライン&スペースパターンとが合成された、矩形環状のパターン171が形成され、その周辺部は非抜きパターンとなっている。さらに、直線172の方向に離れた領域に、直線172に対して線対称な矩形パターン175とこれを囲む矩形環状のパターン176が形成され、パターン175、176間には矩形環状の抜きパターン173が形成されている。ここで、パターン176の外径はパターン171の最外径よりも大きく、パターン176の内径はパターン171の最外径よりも小さい

ものとなっている。

【0057】このホトマスクを用いて2回の露光を行った後に形成された評価マークを図18に示す。パターン171の転写パターンの一部を除去したパターン184と、パターン176の外側エッジを反映した転写パターン185が形成されている。本実施形態もまた、第3の実施形態と同様の原理で、直線172に対応する方向(X軸方向)及びそれと直交する方向(Y軸方向)の各々で投影レンズ収差の影響を測定することができる。

【0058】本実施形態を用いて、一括転写タイプのi線(波長365nm)露光装置における、0.35 μ mライン&スペースパターンの転写位置ずれを測定した結果を、図22に示す。露光条件は開口数NA=0.5、コヒーレンスファクター σ =0.75で、ショットサイズは20mm \times 20mmである。この図から、デフォーカスに従い、位置ずれ分布が変化する様子が確認できる。

【0059】(第7の実施形態)図19は、本発明の第7の実施形態に使用したホトマスク上のパターンを示す図である。このマスクパターンは、第5の実施形態の変形例であり、測定のターゲットである周期パターンに、ライン&スペースパターンの代りにホールパターンを採用したものである。このような周期ホールパターンにおける測定の場合は、ポジレジストの代りにネガレジストを用いた方がレジスト倒れの問題が無く、有利である。

【0060】図10に示すように、ホトマスク上のパターンは、1回目の露光用のパターン191と2回目の露光用のパターン192に分けられ、その両方とも直線193に対して線対称な図形をしている。パターン191は、直線193に対して線対称に配置された周期ホールパターン(第1のパターン)194と、その回りに形成された矩形環状のパターン(第2のパターン)195で構成されている。パターン192はパターン194の周辺部を取り除く(ホールを潰す)ためのパターン196で形成されている。

【0061】本実施形態においては、ホール径1.20 μ m、ピッチ2.40 μ mの周期ホールパターンを採用したホトマスクを用い、ネガ型レジスト(東京応化製TDUR-N908)を塗布した基板に、縮小率1/4のクリプトンフロライドエキシマレーザー露光装置を用いて、2回の露光を行った。現像は0.27規定のTMAH現像液を用いた。基板上でのホール径は0.30 μ mである。

【0062】得られた評価パターンは、図20に示すように、パターン194の転写パターン194の周辺部を取り除いた周期ホールパターン201と、パターン195の転写パターン202で構成されることになる。そして、この評価パターンを用いることによって、第2の実施形態と同様の原理で、直線193に対応する方向(X軸方向)及びそれに直交する方向(Y軸方向)の各々で投影

レンズ収差の影響を測定することができる。

【0063】なお、本発明は上述した各実施形態に限定されるものではない。実施形態では、パターンとして完全に線対称なパターンを用いたが、最終的にパターン測定する領域と、この領域に影響を及ぼす領域に関して線対称であればよい。例えば、図3において、ライン&スペースを形成する線状パターンの長さは全て同じ(線対称)である必要はなく、直線を挟んで一方が他方よりも長く形成されたものであってもよい。

【0064】また、マスク上に形成する各種パターンは実施形態で説明したものに限らず、仕様に応じて適宜変更可能である。要は、基板上にピッチの小さな周期パターンの一部を除去したパターンと、比較的大きなパターンとをそれぞれ線対称に形成できるものであればよい。また、露光装置はエキシマレーザー露光装置やi線露光装置に限るものではなく、コマ収差を有する各種の露光装置に適用することが可能である。その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができる。

【0065】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、2つの露光工程の一方で周期パターンを転写し、他方で周期パターンの一部分を取り除くことにより、最終的に残った周期パターンの末端の位置を光学的位置測定で簡単に測定することができる。そして、これとは別に非周期パターンを転写しその位置を測定し、これらの位置を比較することによって、特定のパターンに対して発生する非対称な転写について、その原因となるパターンサイズや密度の違いによる転写位置ずれを、精度良く簡便に測定することができる。従って、測定試料の作成にさほどの時間を要することなく、測定を簡易に行うことができ、レンズ収差や非対称照明を調べるためのパターン測定を短時間で正確に行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】ホトマスク上のパターンを基板上に転写する様子を模式的に示す図。

【図2】レンズの収差により5本のラインパターンの幅が変化する様子を示す図。

【図3】第1の実施形態に用いたホトマスク上のパターンを示す図。

【図4】第1の実施形態で形成された測定パターンと検出信号を示す図。

【図5】第2の実施形態に用いたホトマスク上のパターンを示す図。

【図6】第2の実施形態で形成された測定パターンと検出信号を示す図。

【図7】第3の実施形態に用いたホトマスク上のパターンを示す図。

【図8】第3の実施形態で形成された測定パターンと検出信号を示す図。

【図9】第4の実施形態に用いたホトマスク上のパターンを示す図。

【図10】第4の実施形態で形成された測定パターンを示す図。

【図11】第5の実施形態に用いたホトマスク上のパターンを示す図。

【図12】第5の実施形態で形成された測定パターンを示す図。

【図13】第5の実施形態に用いたホトマスク上のパターンの別の例を示す図。

【図14】図13のマスクパターンを用いて形成された測定パターンを示す図。

【図15】第5の実施形態に用いたホトマスク上のパターン更に別の例を示す図。

【図16】図15のマスクパターンを用いて形成された測定パターンを示す図。

【図17】第6の実施形態に用いたホトマスク上のパターンを示す図。

【図18】第6の実施形態で形成された測定パターンを示す図。

【図19】第7の実施形態に用いたホトマスク上のパターンを示す図。

【図20】第7の実施形態で形成された測定パターンを

示す図。

【図21】第4の実施形態における測定結果の一例で位置ずれ分布を示す図。

【図22】第5の実施形態における測定結果の一例で位置ずれ分布を示す図。

【符号の説明】

1…照明光学系

2…ホトマスク

3…パターン

4…投影光学系

5…基板

6…収差関数

7, 8…光行路

9, 10…結像位置

31, 41, 54, 61, 71, 81…ライン&スペースパターン

32, 53, 72…直線

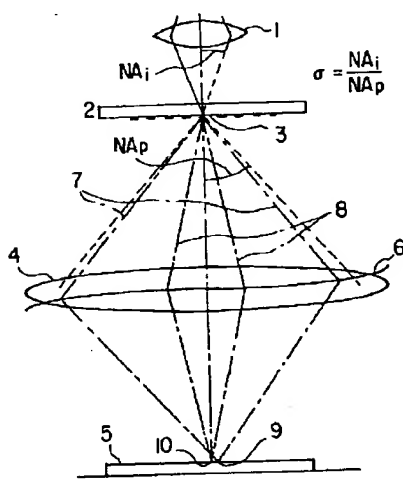
33, 42…穴パターン

53…直線

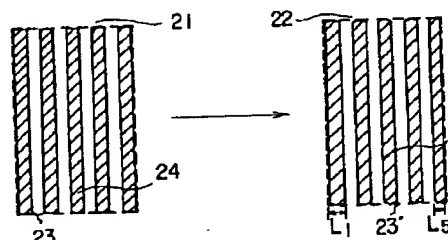
55, 56, 57, 62, 62', 73…ラインパターン

82, 82'…抜きパターン

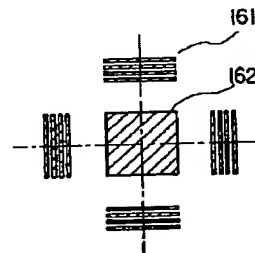
【図1】



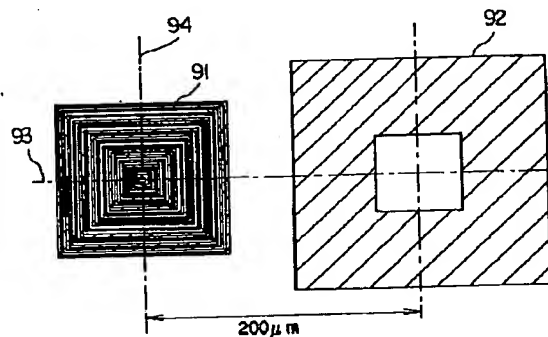
【図2】



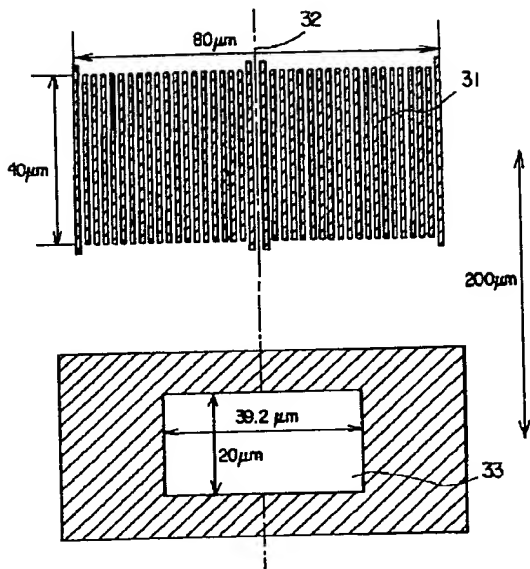
【図16】



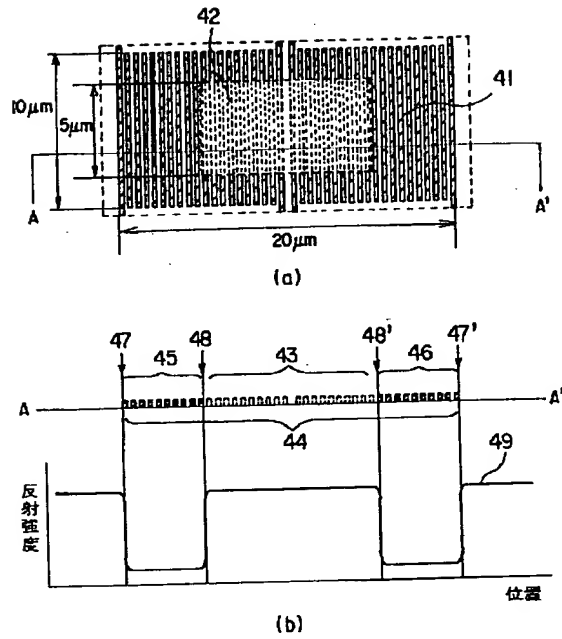
【図9】



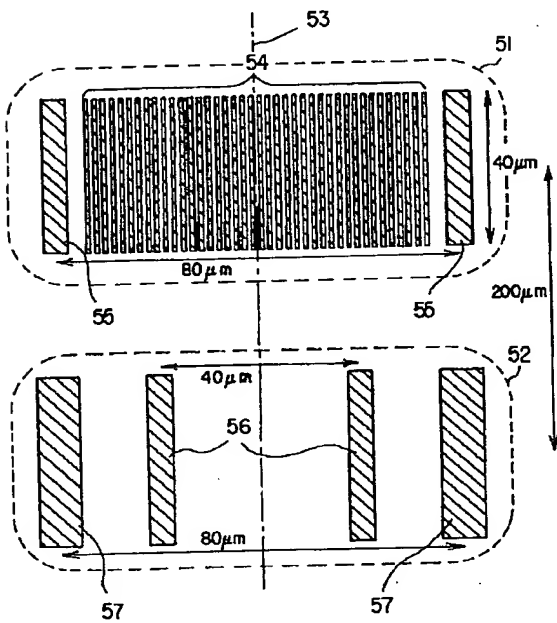
【図3】



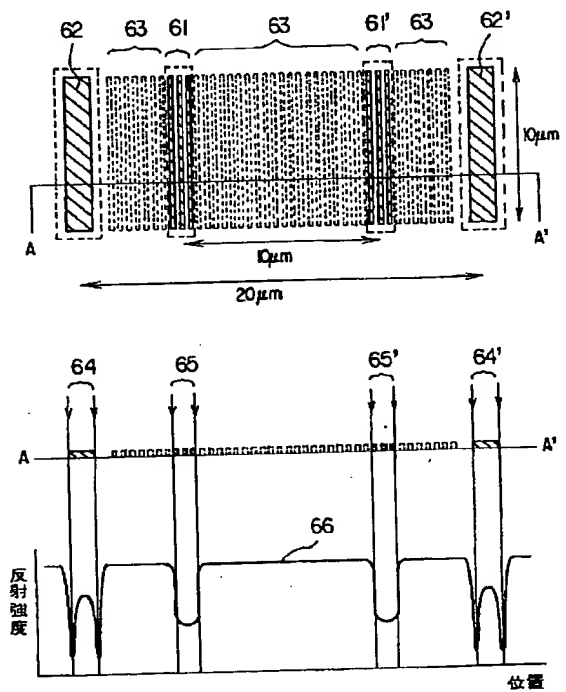
【図4】



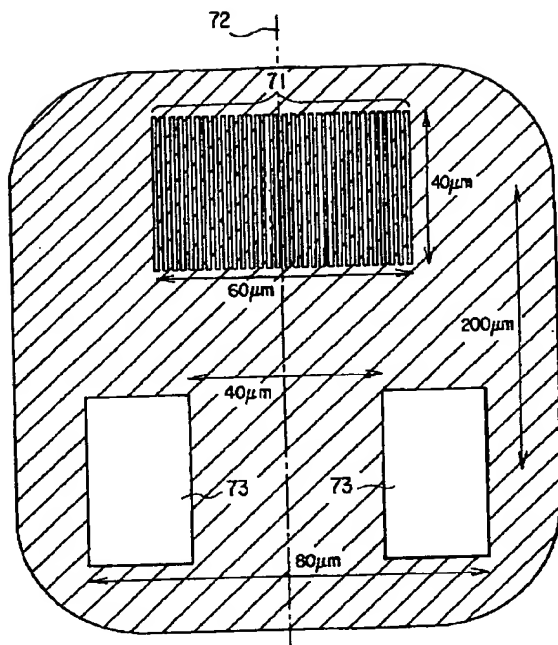
【図5】



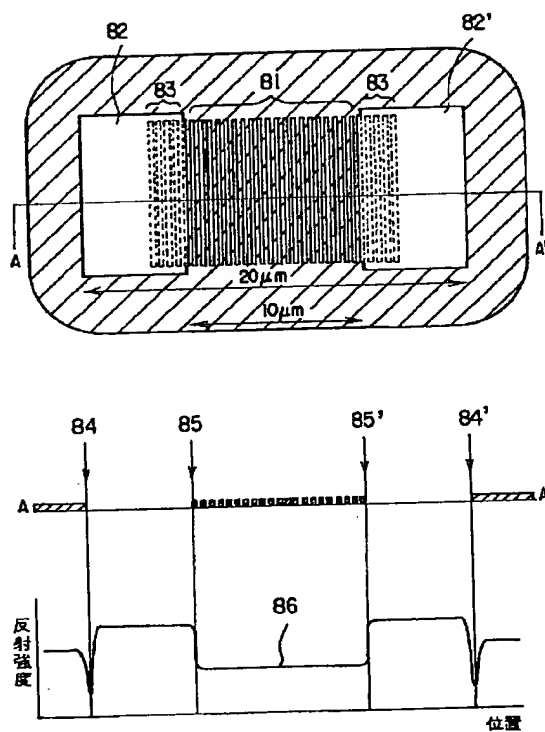
【図6】



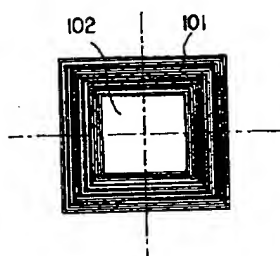
【図7】



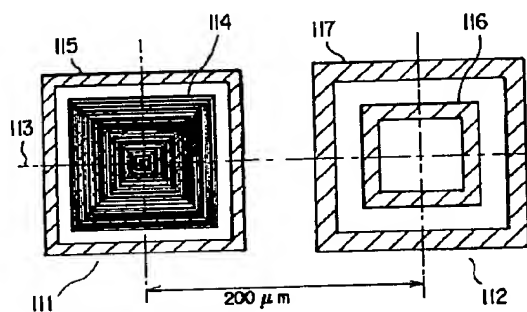
【図8】



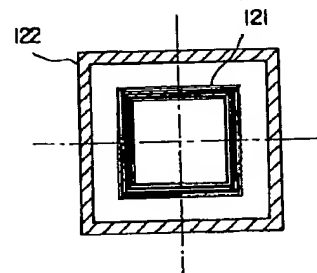
【図10】



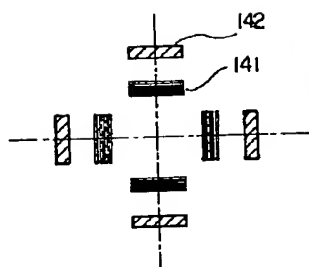
【図11】



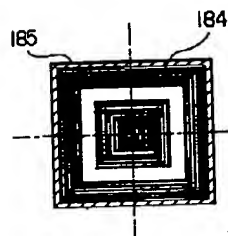
【図12】



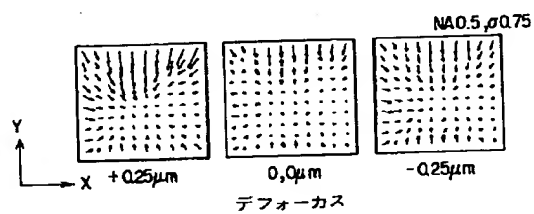
【図14】



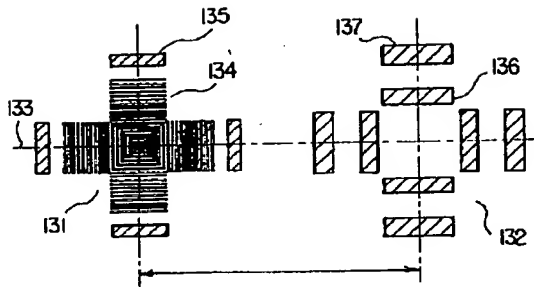
【図18】



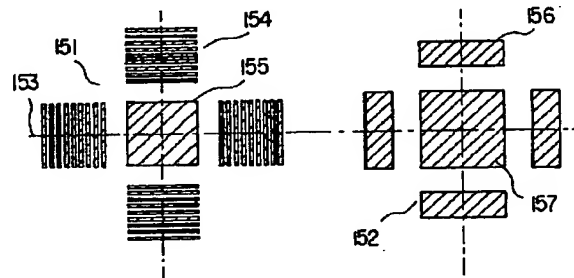
【図22】



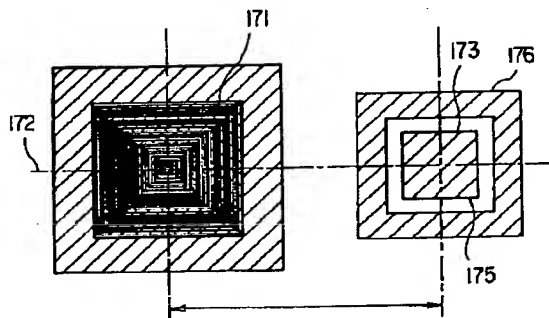
【図13】



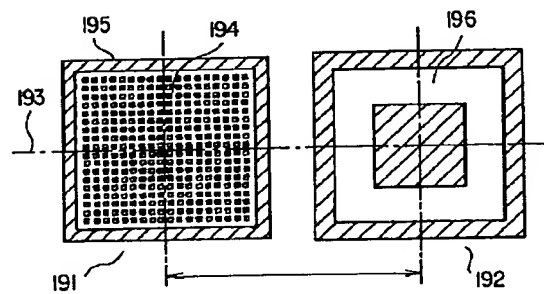
【図15】



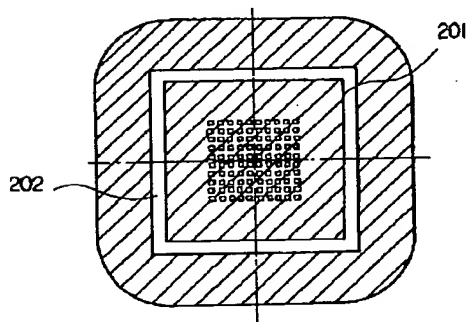
【図17】



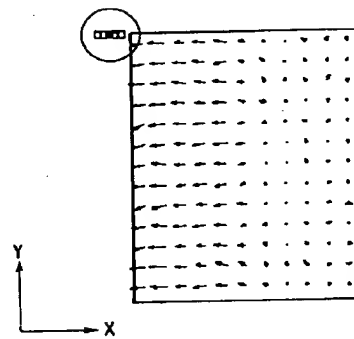
【図19】



【図20】



【図21】



フロントページの続き

(72)発明者 井場 淳一郎
神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株
式会社東芝横浜事業所内